

yang agak panjang yaitu 27,4 hari dan mempunyai penampang lintang netron agak besar yaitu 43 baru termal dan 925 baru integral resonansi, sehingga menyebabkan kerugian pada netron-netron yang dipergunakan untuk transmisi isotop Th-232 menjadi isotop U-233, sehingga timbullah semacam persaingan di dalam penyerapan netron antara isotop Th-232 dan isotop Pa-233 dan peluruhan isotop Pa-233 menjadi isotop U-233.

Umur paro isotop Pa-233 tidak mungkin dipendekkan, sehingga untuk mengurangi kerugian fluks netronnya harus tidak begitu besar. Efek negatif ini sangat terasa di saat-saat permulaan kerja reaktor, yang mengurangi produksi isotop U-233. Tetapi kekurangan produksi ini dapat diperoleh kembali saat reaktor shut-down, dan isotop Pa-233 meluruh menjadi isotop U-233.

IV. PROSPEK TORIUM INDONESIA

Dari hasil surveil geologi Indonesia, diketahui bahwa daerah bekas penambangan timah di Pulau Bangka dan sekitarnya serta di Pulau Madura terdapat bijih torium dalam bentuk pasir monazit, yang juga mengandung unsur-unsur tanah jarang (Ce, Y, La) dan endapan fosfat.

Beberapa data pustaka menyebutkan bahwa kadar torium oksida dalam pasir monazit rata-rata berkisar antara 1,5 sampai 10%.

Kecuali dalam bentuk monazit, torium terdapat pula dalam beberapa bentuk mineral lain dengan kadar ThO_2 yang berlainan, misalnya thorianite, thorite dan lain sebagainya.

Telah dapat dipastikan, jumlah torium di alam lebih banyak daripada uranium, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar nuklir kedua di samping uranium. Hal ini sesuai dengan program pemerintah untuk lebih mengdaya gunakan sumber-sumber alam.

Dewasa ini sudah banyak dikembangkan tipe-tipe reaktor nuklir dengan pemakaian bahan bakar daur torium. Perkembangan tipe reaktor nuklir tersebut tentu saja didasarkan atas kenyataan, bahwa banyak segi-segi yang menguntungkan pemakaian bahan bakar daur torium jika dibandingkan dengan pemakaian bahan bakar daur uranium.

Dengan demikian dapatlah kiranya diambil kesimpulan, bahwa bagi Indonesia sebagai suatu negara yang sedang berkembang, maka pemilihan reaktor nuklir dengan bahan bakar daur torium akan lebih tepat bila dibandingkan dengan reaktor-reaktor jenis lainnya.

BAHAN ACUAN

1. Hunt S.E., Fission, Fusion and the Energy Crisis, Pergamon Press, Frankfurt, 1980.
2. Glasstone S, Sourcebook on Atomic Energy, D Van Nostrand Co, Inc, New York, 1950.
3. Cuthbert F.L., Thorium Production Technology, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, U.S.A., 1958.

PENGENDALIAN GALAT SANDI DIGITAL MENGUNAKAN TEKNIK PENAMBAHAN ANGKA BINER

Oleh : Ir. Ismadi *)

INTISARI

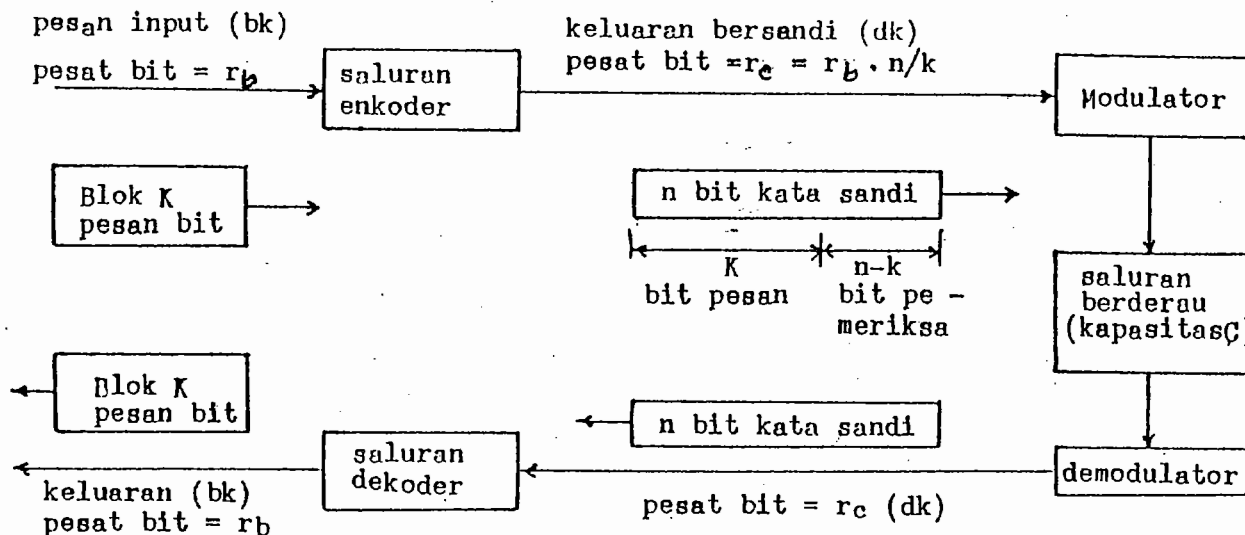
Pengendalian galat sandi digital, dimaksudkan untuk mendapatkan aspek penting, yaitu mendeteksi dan meralat galat yang terjadi, dengan teknik menambahkan angka biner (binary digit) pemeriksa. Dengan sendirinya menaikkan nilai informasi dan mendeteksi lebih baik sandi digital yang ditransmisikan, namun tidak dapat meralat semua galat yang terjadi, karena biaya pembuatan akan jauh lebih mahal. Teknik pengendalian galat dalam sistem transmisi isyarat dilaksanakan di dalam enkoder dan dekoder (penyandi & pengawas sandi).

*) Anggauta staf pengajar Jurusan Teknik Elektro FT. UGM.

PENDAHULUAN

Bagaimana merancang penyandian yang efisien untuk pengendalian beberapa jenis galat dalam sistem komunikasi digital dan membandingkan beberapa metoda penyandian galat yang berbeda, merupakan persoalan pen-

ting dalam penulisan ini. Dalam enkoder ditambahkan angka-angka tambahan yang tidak mengandung informasi, untuk memudahkan dekoder dalam mendeteksi informasi dari isyarat yang diterima.



Gambar 1 : Diagram kotak saluran transmisi dengan penyandian galat.

Gambar 1 merupakan sistem komunikasi digital untuk menghasilkan keluaran biner (bk) dari sumber enkoder lewat saluran yang penuh derau pada nilai r_b bit/detik. Kebolehjadian galat $p_e = p (bk \neq \hat{bk})$, nilai kebolehjadian galat tergantung pada nilai pesat data r_c .

Enkoder membagi pesan angka biner (bit) menjadi k bit pesan, dengan n-k bit pemeriksa dan menghasilkan n bit kata sandi. Dalam perancangan enkoder dan dekoder harus memperhatikan kaidah kata sandi dan blok dan dekoder harus memperhatikan kaidah kata sandi dan blok pesannya, agar dihasilkan kebolehjadian galat yang sekecil-kecilnya.

SANDI PENGENDALIAN GALAT

Transmisi data lewat telepon menggunakan Lebar Bidang B = 3000 Hz dan nisbah Daya per derau (S/N) se-

besar 13 dB, dengan pesat informasi $r_c = 1200$ bit/detik, untuk menghasilkan Kebolehjadian galat kurang dari 10^{-4} (sepersepuluh ribu). Modem yang digunakan jenis DPSK yang beroperasi pada kepesatan 1200, 2400, dan 3600 bit/detik, dengan kebolehjadian galat $2(10^{-4})$, $4(10^{-4})$, dan $8(10^{-4})$. Pengendalian galat dimaksudkan agar mendapatkan nilai Kebolehjadian galat lebih kecil dari 10^{-4} . Agar sandi dapat ditransmisikan dengan nilai Kebolehjadian galat yang terkecil maka digunakan teori Shannon, yaitu $R_b < C$, dengan C adalah kapasitas saluran transmisi. Dengan membuat triplet yaitu hanya 3 bit yang sama, yang mempunyai arti sandi pesan, misalnya 000 atau 111, sedang bila hanya dua bit yang sama bukan kata sandi dan tidak membawa informasi.

Triplet diterima	!	000	!	001	!	010	!	100	!	011	!	101	!	110	!	111
Pesan keluaran bk	!	0	!	0	!	0	!	0	!	1	!	1	!	1	!	1

Dari daftar triplet, tampak bahwa hanya sandi 000 dan 111 yang mengandung kata sandi, sedang angka biner yang lain adalah sandi pengendali galat. Nilai Kebolehjadian galat yang terjadi dengan menggunakan sandi pengendali galat adalah :

$$P_e = P(b_k \neq \hat{b}_k) \text{ dua atau lebih tripletnya galat.}$$

$$P_e = \binom{3}{2} p^2 (1-p) + \binom{3}{3} p^3$$

$$P_e = 3p^2 - 2p^3$$

Diketahui bahwa untuk pesat $r_c = 3600$ bit/detik, nilai kebolehjadian $p = 8 \cdot 10^{-4}$, karenanya :

$$P_e = (191,9) \cdot 10^{-8} = (0,01919) \cdot 10^{-4}$$

dan ternyata sesuai dengan persyaratan Kebolehjadian galat lebih kecil dari 10^{-4} yaitu $P_e = 0,02 \cdot 10^{-4}$.

Pengendalian galat dapat menggunakan metode korelasi galat maju, yaitu pengendalian galat pada penerima dengan menghilangkan derau sebagai penyebab galat dan metoda deteksi galat, yaitu mengembalikan saluran balik ke pemancar, agar dipancarkan lagi isyarat yang dianggap galat. Bila saluran balik tidak dapat berfungsi digunakan koreksi galat maju, sedang untuk keadaan pesan, yang tidak begitu terikat dengan pesat data yang ditransmisikan cocok digunakan metoda deteksi galat. Namun kadangkala digunakan gabungan kedua metoda tersebut.

SANDI BLOK

Dalam pengendalian galat dikenal 2 macam sandi yaitu : SANDI BLOK dan SANDI KONVOLUSI. Sandi blok, mempunyai ciri setiap bit pesan sebanyak k , disandikan sendiri dalam blok n , yang selalu lebih besar dari k , karena tambahan sandi pemeriksa $n - k$ bit. Bila C adalah kata sandi, sedang D adalah vektor baris dan $G = [I_k : p]_{kn}$ adalah matriks pembangkit, maka dapat dituliskan dalam bentuk matriks : $C = DG$, yaitu :

$$[c_1, c_2 \dots c_n] = [d_1, d_2, \dots d_n] \begin{bmatrix} 100 \dots 0 & p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1, n-k} \\ 010 \dots 0 & p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2, n-k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 000 \dots 1 & p_{k1} & p_{k2} & \dots & p_{k, n-k} \end{bmatrix}$$

Contoh :

Matriks pembangkit (6,3), yang diberikan yaitu :

$$G = \begin{bmatrix} 100 & : & 011 \\ 010 & : & 101 \\ 001 & : & 110 \end{bmatrix}, \text{ Tentukan semua vektor sandinya.}$$

Penyelesaian adalah $k = 3$ dan $n = 6$, maka ada 8 blok pesan yaitu : (0,0,0) ; (0,0,1) ; (0,1,0) ; (0,1,1) ; (1,0,0) ; (1,0,1) ; (1,1,0) dan (1,1,1).

Untuk Blok pesan (0,0,0), memberikan vektor sandi

$$C = DG = (000) \begin{bmatrix} 100 & : & 011 \\ 010 & : & 101 \\ 001 & : & 110 \end{bmatrix} = 000 \ 000$$

Untuk Blok pesan (1,0,0), memberikan vektor sandi

$$C = DG = (100) \begin{bmatrix} 100 & : & 011 \\ 010 & : & 101 \\ 001 & : & 110 \end{bmatrix} = 100 \ 011$$

Demikian seterusnya, sehingga dihasilkan tabel vektor sandi sebagai berikut :

Blok Pesan	Vektor Sandi
000	000 000
001	001 110
010	010 101
011	011 011
100	100 011
101	101 101
110	110 110
111	111 000

Bila bobot vektor sandi diukur menurut banyaknya angka biner 1 dalam setiap vektor sandi dan jarak antara dua vektor ditentukan oleh jumlah perubahan komponen angka binernya, maka jarak minimum antara blok sandi atau jarak yang terpendek antara pasangan kata sandi sama dengan bobot minimum kata sandi bukan nol karenanya dapat dibuat tabelnya sebagai berikut :

Blok sandi	Vektor sandi	Bobot	Jarak minimum
000	000	000	0
001	001	110	3
010	010	101	4
011	011	011	4
100	100	011	3
101	101	101	4
110	110	110	4
111	111	000	3

Sandi Blok linear mempunyai jarak minimum d_{\min} , maka sandi hanya dapat melarat galat :

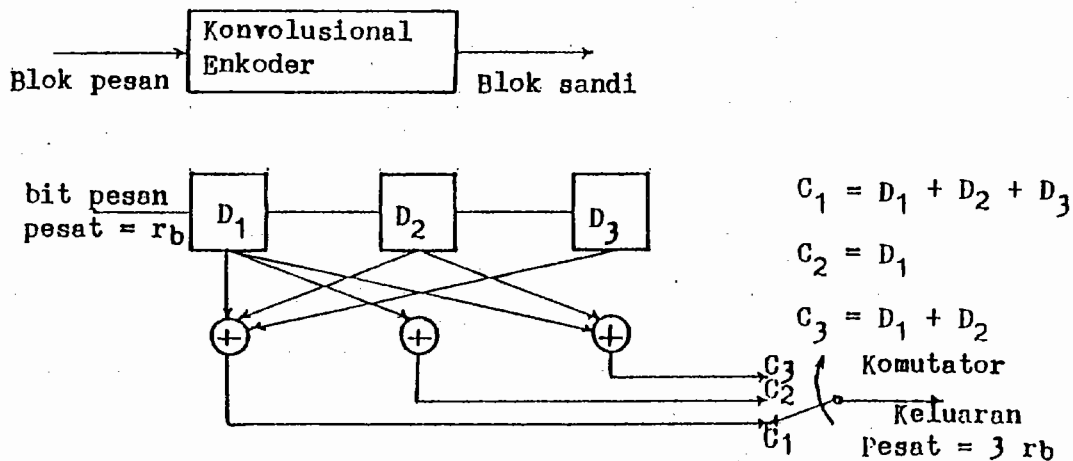
$$\frac{(d_{\min} - 1)}{2} \text{ dan mendeteksi sampai } (d_{\min} - 1) \text{ galat}$$

dalam setiap sandi. Sehingga untuk merancang seberapa galat yang dapat dikoreksi, ditentukan dari d_{\min} . (jarak min) dari kata sandi yang direncanakan. Sandi blok banyak digunakan dan dikembangkan, diantaranya metoda koreksi galat tunggal Hamming, metoda pengawasandian menggunakan larikan baku (standard), dan metoda sandi daur biner (code cycle) yang menggunakan penyelesaian persamaan polinomial.

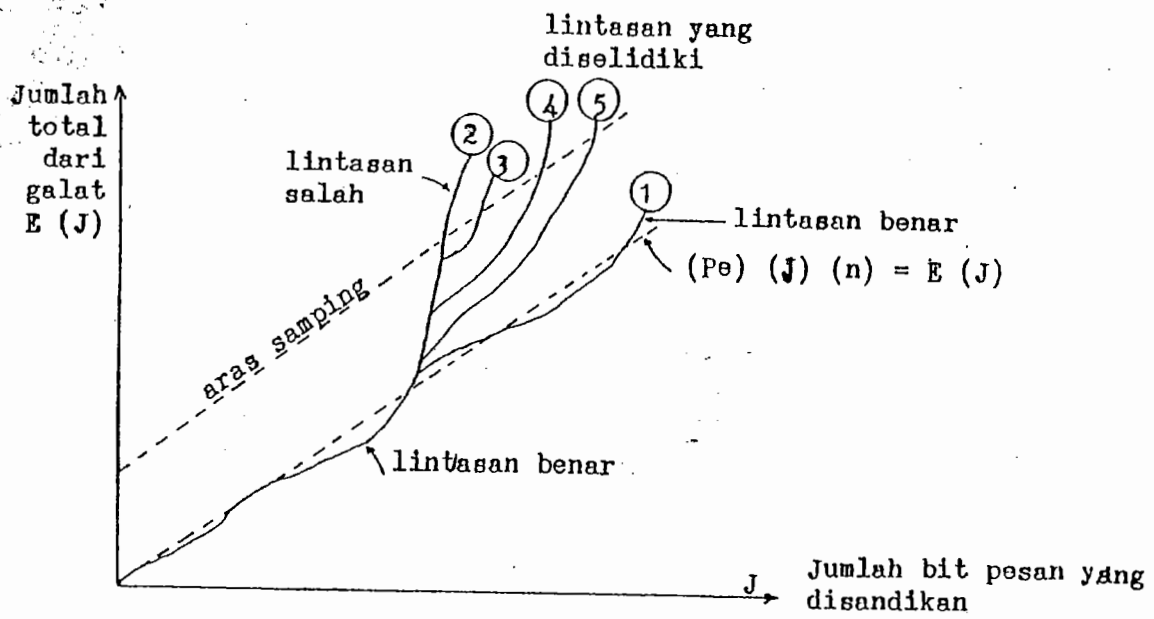
SANDI KONVOLUSI

Sandi pengendali galat yang lain, adalah Sandi Konvolusi. Perbedaan utama antara kedua Sandi itu adalah bahwa pada Sandi Blok, n digit blok dibangkitkan tergantung dari k digit pesan masukan, sedang pada sandi konvolusi, n digit tergantung pada k digit pesan masukan dan $(n - 1)$ blok digit pesan, untuk k dan n kecil.

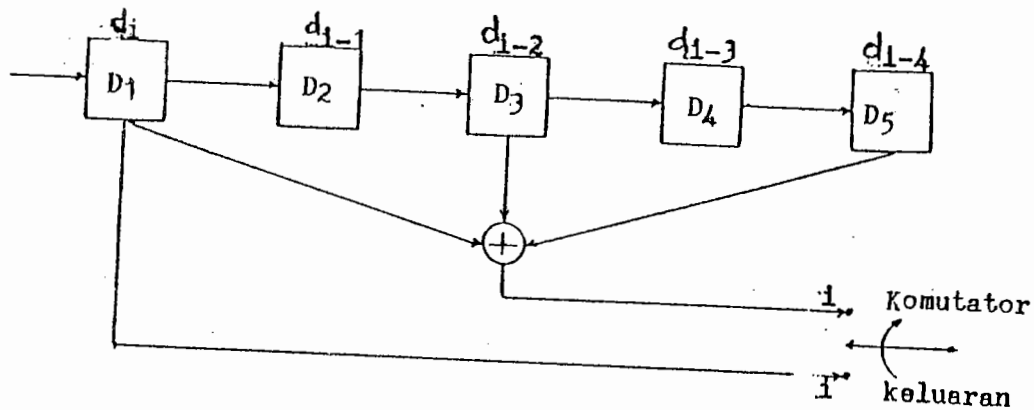
Enkoder sandi konvolusi membutuhkan deretan digit pesan dan membangkitkan deretan angka-angka sandi. k digit blok pesan diberikan ke enkoder dan enkoder membangkitkan n digit sandi ($k < n$), yang tergantung pula pada $(N - 1)$ blok pesan dan menghasilkan sandi yang disebut sebagai (n, k) sandi konvolusi. Parameter k, N dan n merupakan nN digit dan pesat efisiensinya adalah k/n .



Gambar 2. Contoh enkoder konvolusional untuk $N = 3$, $n = 3$ dan $k = 1$.



Gambar 5. Penempatan ambang dalam penyandian beruntun.
 P_e = Kebolehjadian di mana bit yang diterima merupakan galat.



Gambar 6. Enkoder konvolusional
 $N = 5, n = 2, k = 1$

Untuk 4 bit pertama si nya, adalah :

$$s_1 = e_1^{(m)} + e_1^{(c)}$$

$$s_2 = e_2^{(m)} + e_2^{(c)}$$

$$s_3 = e_1^{(m)} + e_3^{(m)} + e_3^{(c)}$$

$$s_4 = e_2^{(m)} + e_4^{(m)} + e_4^{(c)}$$

Persamaan di atas menyatakan galat transmisi $e_i^{(m)}$ tampak dalam bentuk s_i , s_{i+2} dan s_{i+4} . Tabel menunjukkan efek dari bit galat untuk berbagai bit sindrom. Bila ada dua atau tiga bit 1, dalam s_1 s_3 s_5 maka $e_1^{(m)} = 1$. Demikian pula dengan bit 1, dalam s_2 s_4 s_6 dan seterusnya. Sandi konvolusi ini dapat meralat galat sepanjang empat angka atau kurang.

Teknik sandi konvolusi lainnya dapat pula dipakai, misalnya Algoritma Viterbi yang membahas evolusi sandi konvolusi metoda penyandian dan unjuk kerjanya.

Tabel : Penyandian dari gambar 6.

	$e_1^{(m)}$	$e_1^{(c)}$	$e_2^{(m)}$	$e_2^{(c)}$	$e_3^{(m)}$	$e_3^{(c)}$	$e_4^{(m)}$	$e_4^{(c)}$	$e_5^{(m)}$	$e_5^{(c)}$	$e_6^{(m)}$	$e_6^{(c)}$
s_1	x	!	x	!	!	!	!	!	!	!	!	!
s_2	!	!	x	!	x	!	!	!	!	!	!	!
s_3	x	!	!	!	!	x	!	x	!	!	!	!
s_4	!	!	x	!	!	!	!	x	!	x	!	!
s_5	x	!	!	!	!	x	!	!	!	!	x	!
s_6	!	!	x	!	!	!	!	x	!	!	!	x
s_7	!	!	!	!	x	!	!	!	!	x	!	!
s_8	!	!	!	!	!	!	!	x	!	!	!	x

UNJUK KERJA DARI SANDI KONVOLUSIONAL

Seperti sandi blok, sandi konvolusi dapat untuk mendeteksi atau meralat galat. Blok data ditransmisikan kembali maka sandi blok untuk mendeteksi dan sandi konvolusi untuk meralat galat. Sandi konvolusi ini dapat untuk meralat galat random. Unjuk kerjanya dihitung dengan mensimulasi operasi pengawasandian dan penyandian dengan saluran yang sesuai dengan perhitungan komputer digital.

Walaupun teorinya tidak sebaik pada sandi blok, enkoder dan dekoder konvolusional ini dapat digunakan untuk berbagai penggunaan. Hal ini karena :

- 1). dapat disandi dengan menggunakan Pencacah insut sederhana.
- 2). bila pengawasandian sukar, dapat diganti dengan klas-klas sandi konvolusi lainnya.
- 3). sandi konvolusi mampu untuk meralat galat random.

Sandi konvolusi mempunyai keuntungan dibanding dengan sandi blok :

1. karena sandi konvolusi beroperasi pada blok data yang lebih kecil, tunda pengawasandiannya juga kecil.

2. karena ukuran bloknya kecil, sandi konvolusi hanya membutuhkan sedikit perangkat keras untuk penyimpanannya.
3. rugi penyerempakan tidak begitu merupakan masalah serius.

Singkatnya, walaupun kurang begitu baik dan sulit untuk dianalisis, sandi konvolusi dalam berbagai pemakaian ternyata lebih menguntungkan.

KESIMPULAN

Pengendalian galat sandi digital dengan penambahan angka biner menggunakan 2 metoda, yaitu sandi blok dan sandi konvolusi.

Koreksi galat ada 2 jenis, yaitu koreksi galat maju dan deteksi galat dengan isyarat balik ke pemancar.

Koreksi galat maju, yaitu koreksi pada sisi penerima dengan cara menghilangkan derau penyebab galat, digunakan terutama bila saluran balik tidak dapat digunakan, sedang deteksi galat digunakan apabila pesat data yang ditransmisikan tidak menjadi perhatian. Untuk keandalan

informasi yang ditransmisikan biasanya dua metoda tersebut digunakan bersamaan.

Sandi blok banyak digunakan karena mudah dalam analisisnya, namun sandi konvolusi mempunyai keunggulan dalam blok data yang lebih kecil, tunda waktu penyangkutan relatif kecil, dan perangkat-kerasnyapun relatif sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Shanmugam K. Sam, Digital Analog Communication systems, John Wiley & Sons, Inc., 1979.
2. Viterbi J. Andrew & Omura K Jim, Principles of Digital Communication and Coding, Mc. Graw Hill Kogakusha, LTD, 1979.
3. Cappellini, V & Constantinde, A.B, Digital Signal Processing, Academic Press Inc., London, 1980.
4. Oppenheim, Aleen V, Application of Digital Signal Processing, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978.

PERSAMAAN DASAR LENTUR PLAT BERDASARKAN ANGGAHAN KIRCHHOFF

Oleh : Ir. Istimawan Dipohusodo *)

INTISARI

Cara penyelesaian plat yang dikemukakan oleh Gustave Robert Kirchhoff (1818 - 1887) masih digunakan sampai dengan saat sekarang ini, termasuk penggunaan faktor kaku D yang merupakan fungsi $(1 - \nu^2)$.

Kirchhoff menggunakan anggapan bahwa $\epsilon_z = \gamma_{xz} = \gamma_{yz} \approx 0$, sehingga dengan demikian $\tau_{xz} \approx 0$, yang berakibat bahwa gaya-geser tepi tidak perlu dipertimbangkan.

Penyelesaian plat cara Kirchhoff tidak memerlukan kondisi batas baik untuk gaya-geser maupun momen puntir.

I. PENDAHULUAN

Untuk menahan beban yang bekerja berarah normal terhadap permukaan dan dengan kondisi batas yang berlaku, plat akan melengkung di dalam usahanya untuk mendukung momen pada kedua arah sumbu yang saling

tegak-lurus. Bersamaan dengan itu, plat juga menderita puntiran yang merupakan peristiwa penting dalam pengamatan peri-laku plat.

Di dalam tulisan ini akan diamati peri-laku plat seperti tersebut di atas dan disebut sebagai lentur elastik plat dengan defleksi kecil.

*) Anggota Staf Pengajar
Jur. Tek. Sipil FT. UGM.